Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Spring 2022, p. 45-63

Effect of Nitrogen Fertilizer and Irrigation Levels on Yield and Some Physiological Traits of Wheat under Drip Irrigation

P. Shokati[1], A. Siosemardeh[2*], F. Hosseinpanahi[3], P. Fathi[4]

Received: 13-03-2021 Revised: 24-11-2021 Accepted: 30-11-2021	**How to cite this article:** Shokati, P., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F., and Fathi, P. 2022. Effect of Nitrogen Fertilizer and Irrigation Levels on Yield and Some Physiological Traits of Wheat under Drip Irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (1): 45-63. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/jcesc.2021.69378.1035.

Introduction

Wheat is globally one of the most critical cereals. It is necessary to increase its yield to cope with the increasing population through management improvement or breeding due to decreased arable lands. Soil moisture before planting and rainfall during the growing season are the two primary water supply sources for rainfed wheat production. However, the non-uniform distribution of rainfall during the growing season leads to drought, affecting crop water consumption and natural wheat growth. Irrigation is the primary way to meet the plant's water requirement for growth, development, and high yield. Since water availability is limited in Iran and on the other hand, different cultivars have different sensitivities to drought stress at various stages of growth, so reducing different degrees of water consumption may have unequal effects on crop yield. This type of management, known as deficit-irrigation, often increases water use efficiency. Drip irrigation provides optimized use of water and nutrients during the growing season. In addition to water consumption, the balanced application of fertilizers is an influential factor in increasing agricultural production, and nitrogen is the most critical fertilizer recommended to improve wheat yield. Nitrogen can increase wheat yield by increasing the number of spikes per square meter, the number of grains per spike, and 1000-grain weight. This study aims to determine the optimum water consumption and nitrogen fertilizer under the drip irrigation system according to wheat physiological traits.

Materials and Methods

This experiment was performed as split plot based on a randomized complete block design with three replications in the Research Farm of the University of Kurdistan located in the Dehgolan plain in 2018-19 cropping year. Factors were in various irrigation levels (60, 80, 100, and 120% of crop water requirement) as the main plots and nitrogen fertilizer treatments (fertilizer application of 50, 75, 100, and 125% of plant nitrogen requirement based on soil test) as subplots. Sampling was done in all three replications to calculate soil weight moisture and determine the irrigation water requirement in each irrigation stage. The soil moisture balance method was used to determine the crop's water requirement according to the volume percentage of moisture in the control plot (treatment of providing 100% water requirement). Based on the soil test results, the optimal nitrogen application in the control treatment was considered equivalent to 200 kg.ha^{-1} of urea. Other experimental treatments were calculated based on the control treatment. In this experiment, traits such as biological yield, grain yield, harvest index, water use efficiency (WUE), chlorophyll content (chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, and total chlorophyll), remobilization, grain protein content, protein percent, and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) were evaluated. Data were analyzed using SAS statistical software, and the means were compared using Duncan's multiple range test at 5% probability.

1- Former Student of Agrotechnology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
4- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: a33@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69378.1035

Results and Discussion

The results showed that the effects of different irrigation and nitrogen levels were significant on biological yield, grain yield ($P < 0.01$), and grain protein percent ($p \leq 0.05$). The interaction effect of irrigation and nitrogen was significant on WUE ($p \leq 0.05$), chlorophyll content, remobilization, and ANUE ($P < 0.01$). In comparing different irrigation levels, The highest and lowest biological yields were obtained in the treatments of 120% water requirement (15976 $kg.ha^{-1}$) and 60% water requirement (12975 $kg.ha^{-1}$), respectively. Among different nitrogen treatments, the highest and lowest biological yields were observed in 125% fertilizer requirement (15141 $kg.ha^{-1}$) and 50% fertilizer requirement (12640 $kg.ha^{-1}$), respectively. The highest and lowest yields were observed in the treatments of supply of 120% (6498 $kg.ha^{-1}$) and 60% (4933 $kg.ha^{-1}$) of water requirement, respectively. The rate of yield increase in 120% water requirement treatment was 9, 18, and 24%, compared to 100, 80, and 60% of water requirement treatments, respectively. However, the highest WUE was obtained in 60% crop water requirement treatment and providing 100% of nitrogen consumption (3.08 $kg.m^{-3}$). In water deficit conditions, providing 100% of the plant's nitrogen requirement keeps WUE in high level. If the amount of nitrogen is reduced, WUE was also decreased. The highest and lowest ANUE were observed in 100% water requirement treatment fertilized with 75% of nitrogen requirement (79 $kg.kg^{-1}$) and 120% water requirement treatment fertilized with 100% nitrogen requirement (9 $kg.kg^{-1}$), respectively. With decreasing water consumption, the rate of stem remobilization increased to the highest level, which was observed in the treatment of 60% of water requirement fertilized with 100% nitrogen requirement. The highest chlorophyll concentration was related to the 100% crop water requirement treatment fertilized with 100% of nitrogen requirementirement.

Keywords: Chlorophyll, Nitrogen use efficiency, Protein percent, Remobilization, Water use efficiency

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۱، بهار ۱٤۰۱، ص ٦۳-٤٥

بررسی اثر کود نیتروژنه و سطوح آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گندم تحت آبیاری قطره‌ای

پرستو شوکتی[1]، عادل سی و سه مرده[2*]، فرزاد حسین پناهی[3]، پرویز فتحی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹

چکیده

کم‌آبیاری یک راهبرد مطلوب است که می‌تواند کارآیی مصرف آب را در محصولات زراعی افزایش دهد. در چنین شرایطی تعیین سطح بهینه مصرف کود نیتروژن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در مطالعه حاضر اثر سطوح مختلف آبیاری به میزان ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و۱۲۰ درصد به‌عنوان کرت اصلی و تیمارهای کود نیتروژنه به میزان ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز ازته گیاه براساس نتایج آزمون خاک به‌عنوان کرت فرعی بر عملکرد گندم رقم پیشگام در قالب آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای تأمین ۱۲۰ درصد با ۶۴۹۸ کیلوگرم در هکتار و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۴۹۳۳ کیلوگرم در هکتار (حدود ۲۴ درصد کاهش در مقایسه با تیمار فوق) حاصل شد. بیشترین میزان کارآیی مصرف آب در تیمار تأمین ۶۰ درصد مصرف نیاز آبی گیاه با تأمین ۱۰۰ درصدی مصرف نیتروژن به‌دست آمد (۳/۰۸ کیلوگرم بر متر مکعب). بیشترین و کمترین مقدار کارآیی زراعی کود نیتروژن به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تأمین ۷۵ درصد نیازکودی (۷۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود نیتروژنه مصرفی) و تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیازکودی (۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. با کاهش آب مصرفی میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای ازساقه به دانه‌ها افزایش یافت. بیشترین غلظت کلروفیل نیز مربوط به سطح تیماری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار۱۰۰ درصدی مصرف کود نیتروژنه بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، درصد پروتئین، کارآیی مصرف آب، کارآیی مصرف نیتروژن، کلروفیل

مقدمه

در میان غلات، گندم (*Triticum eastivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان است که به‌دلیل کاهش سطح اراضی کشاورزی و برای مقابله با افزایش جمعیت، افزایش عملکرد آن از طریق اصلاح یا مدیریت زراعی امری ضروری است (Yan *et al.*, 2019). در سال‌های اخیر به‌دلیل کاهش منابع خاکی و آبی در اثر عوامل مختلف، اعتقاد بر این بوده است که تنها راه تأمین غذای جمعیت در حال افزایش، بهبود عملکرد در واحد سطح می باشد (Pouri *et al.*, 2019). در بسیاری از نقاط دنیا بروز تنش خشکی خصوصاً در مراحلی که نیاز آبی گیاهان و تبخیر و تعرق پتانسیل بالا است، خسارت‌زا می‌باشد (Paredes *et al.*, 2017). رطوبت خاک قبل از کشت و میزان بارش در طول فصل رشد منابع اصلی تأمین آب برای تولید گندم می‌باشند. با این‌حال، توزیع غیر یکنواخت بارش در طول فصل رشد منجر به تنش خشکی می‌شود که می‌تواند بر مصرف آب محصول و رشد طبیعی گندم تأثیر بگذارد (Ma *et al.*, 2018). همچنین بیشتر کشاورزان از اعمال آبیاری‌های آخر گندم اجتناب می‌ورزند زیرا آبیاری‌های آخر گندم با کشت محصولات تابستانه تلاقی پیدا می کند و چون این محصولات ارزش اقتصادی بیشتری دارند کشاورزان ناگریز به حذف یک یا دو مرحله از آبیاری‌های آخر گندم می‌شوند که موجب تنش انتهایی گندم می‌شود. بنابراین آبیاری اصلی‌ترین روش برای رفع نیاز آبی گیاه جهت رشد، نمو و تولید عملکرد مناسب است (Al-Ghzawi *et al.*, 2018)، اما از آنجایی‌که در ایران فراهمی آب محدود است و از طرفی ارقام مختلف

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگرو تکنولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۴-دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a33@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69378.1035

حساسیت‌های متفاوتی در مراحل مختلف رشدی به تنش خشکی دارند، لذا کاهش درجات مختلفی از آب مصرفی ممکن است تأثیرات متفاوتی بر عملکرد محصول بگذارند. این نوع مدیریت که به کم‌آبیاری مشهور است در اغلب موارد سبب افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود. با توسعه فناوری‌های جدید در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی، آبیاری قطره‌ای به‌عنوان یک فناوری پیشرفته برای افزایش عملکرد محصولات و کاهش مصرف آب از طریق انتقال مستقیم آب به ریشه گیاهان تایید شده است (Fan *et al.*, 2017). آبیاری قطره‌ای استفاده کافی از آب و مواد مغذی را در طول فصل رشد گیاه فراهم می‌کند (Zhou *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017). در حال حاضر از نوارهای آبیاری قطره‌ای در کشت گیاهان ردیفی مانند گندم، پنبه (*Gossypium herbaceum*) و ذرت (*Zea Mayz*) استفاده می‌شود (Akhavan, 2015). آبیاری قطره‌ای به‌دلیل صرفه‌جویی قابل توجه در استفاده از آب آبیاری و بهبود کارآیی مصرف آب برای تولید گندم زمستانه در چین تا حد زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Si *et al.*, 2020). علاوه بر میزان آب مصرفی، کاربرد متعادل کودها از عوامل مؤثر در افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد و کودهای نیتروژنه از مهم‌ترین کودهای توصیه شده در بهبود عملکرد گندم محسوب می‌شوند، به‌طوری که نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که تعیین میزان بهینه کاربرد کود نیتروژن به اندازه مدیریت آب در دستیابی به عملکرد بالا در غلات کمک‌کننده است (Shi *et al.*, 2013). نیتروژن از مهم‌ترین عناصر غذایی پرمصرف می‌باشد که در ساختمان آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، سیتوکروم‌ها، اسیدهای نوکلئیک کلروفیل وجود دارد و سطح برگ، محتوی کلروفیل، فعالیت‌های فتوسنتزی، حجم و اندازه پروتوپلاسم سلولی و همچنین میزان پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mirzakhani, 2019).

در مطالعه سی و همکاران (Si *et al.*, 2020) پیرامون بررسی اثر کاربرد کود نیتروژن و رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط آبیاری قطره‌ای بر رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب در گندم زمستانه نتایج نشان داد که افزایش آبیاری و کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ، زیست‌توده زیرزمینی، عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب شده است این در حالی بود که کاربرد کود نیتروژن بیش از ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اثر مثبتی بر رشد و عملکرد گندم نداشت. (Jafarinejad *et al.*, 2011) در آزمایشی با هدف بررسی کارآیی انواع کودهای نیتروژنی نشان دادند که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در گندم در سه مرحله کاشت، طویل شدن ساقه‌ها و گلدهی منجر به حصول بیش‌ترین عملکرد شد اما بیش‌ترین کارآیی زراعی از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در دو مرحله طویل شدن ساقه‌ها و گلدهی به‌دست آمد. با توجه به آنچه که بیان شد هدف مطالعه حاضر تعیین بهترین تیمار مصرف آب و کود نیتروژنه در سیستم آبیاری قطره‌ای با توجه به صفات فیزیولوژیکی در گندم است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گندم تحت آبیاری قطره‌ای به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۱۸۰۰ متر مربع در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان در ۴۵ کیلومتری شرق سنندج در ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول ۴۷ درجه شرقی اجرا شد. میانگین سالانه دمای حداکثر ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد، میانگین سالانه دمای حداقل شش درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه منطقه ۳۴۷ میلی‌متر می‌باشد. قبل از کاشت به‌طور تصادفی از خاک محل انجام آزمایش، در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil analysis of experimental site

بافت خاک Texture			ماده آلی	شوری خاک	اسیدیته	نیتروژن	پتاسیم	فسفر
رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	(%)	EC (dSm^{-1}.m^{-1})	pH	N (%)	K (mg.kg)	p (mg.kg)
14.56	30.72	54.72	1.36	0.95	7.9	0.19	230.83	31.16

عوامل مورد بررسی شامل سطوح مختلف آب آبیاری (به میزان ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان کرت اصلی و تیمارهای کود نیتروژن (مصرف کود به میزان ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز گیاه به نیتروژن بر اساس آزمون خاک) به‌عنوان کرت فرعی بود. ابعاد کرت‌های اصلی ۸ × ۱۱ (متر)، ابعاد هر کرت فرعی ۸ × ۲ (متر)، فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و فاصله بین بلوک‌ها

و همچنین کرت‌های اصلی دو متر در نظر گرفته شد. پس از برداشت سیب‌زمینی در اواسط مهرماه عملیات آماده‌سازی زمین با چیزل و روتیواتور انجام گرفت. پس از اتمام عملیات خاک‌ورزی در اواسط مهرماه کشت گندم رقم پیشگام با تراکم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با تراکم ۵۵۰ بوته توسط خطی کار غلات صورت گرفت. در هر کرت فرعی ۱۳ ردیف گندم به فاصله ردیف‌های ۱۵ سانتی‌متر و طول هشت متر کشت گردید. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش توفوردی در ابتدای بهار استفاده شد. جهت مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی در دو مرحله مزرعه با استفاده از سم دلتامترین و قارچ‌کش پروپیکونازول سمپاشی گردید. به‌جز عملیات آبیاری و کوددهی نیتروژن، سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمارها به‌طور یکنواخت انجام شد. در این آزمایش برای آبیاری از سیستم قطره‌ای- نواری استفاده شد. در تمام تیمارها نوارهای تیپ در فواصل ۴۵ سانتی‌متری نصب شد و میزان مصرف آب توسط یک کنتور حجمی کنترل گردید. آبیاری در ۸ مرحله (۷ روز یک بار) انجام شد. برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر مرحله آبیاری از روش وزنی استفاده شد (Hong *et al.*, 2017)، به این ترتیب که رطوبت وزنی خاک در هر مرحله از آبیاری در هر سه تکرار با نمونه‌برداری تعیین و با توجه به بیلان رطوبتی خاک (Hong *et al.*, 2017) و درصد حجمی رطوبت در کرت شاهد (تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) میزان نیاز آبی برآورد شد. عمق آبیاری هر بار بر اساس کسر نمودن رطوبت خاک از حد رطوبت ظرفیت زراعی و با نمونه‌گیری از خاک در عمق ریشه، قبل از آبیاری محاسبه گردید.

Ig= عمق ناخالص آبیاری در هر بار آبیاری (میلی‌متر)

θ_{FC}= رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)

θi= رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد)

Dr= عمق نفوذ ریشه (متر)

η= راندمان آبیاری (در این آزمایش راندمان آبیاری ۹۰ درصد بود)

$$Ig = \frac{(\theta fc - \theta i)(D_r)}{\eta} \qquad (۱)$$

نیاز کودی خاک با توجه به آزمایش خاک مزرعه تعیین شد. با توجه به نتایج آزمون خاک و کفایت مقدار فسفر و پتاسیم برای کشت گندم نیازی به مصرف کود فسفر و پتاسیم نبود. بر اساس نتایج آزمون خاک مصرف بهینه نیتروژن در تیمار شاهد معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آزمایش بر مبنای تیمار شاهد محاسبه گردید. کود اوره مورد نیاز در زمان کاشت و در مرحله اوایل طویل شدن ساقه در تاریخ ۱۳۹۸/۱/۲۹ استفاده شد.

در مرحله خمیری شدن دانه‌ها نمونه‌هایی از برگ پرچم از هر کرت برداشت شد و در تانک محتوای ازت مایع منجمد قرار داده شد و به فریزر با دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه منتقل گردید. جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل از روش آرنون (Arnon, 1986) استفاده گردید و میزان جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات مرتبط با انتقال مجدد در مراحل گلدهی، دو هفته بعد از گلدهی و مرحله رسیدگی از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثر حاشیه دو خط نیم‌متری از ردیف‌های میانی برداشت گردید و وزن خشک سنبله، برگ، ساقه و دانه تعیین گردید و با استفاده از روابط (۲) تا (۵) صفات مربوطه محاسبه شد (Papakosta and Goyiannas, 1991).

(۲) مقدار انتقال مجدد = حداکثر وزن ساقه پس از گلدهی − وزن ساقه در رسیدگی

$$\text{کارآیی انتقال مجدد} = \frac{\text{انتقال مجدد مواد ذخیره ای(گرم در متر مربع)}}{\text{وزن خشک اندام ها ی رویشی در ابتدا ی گرده افشانی(گرم در متر مربع)}} \qquad (۳)$$

$$\text{سهم انتقال مجدد مواد ذخیره ای} = \frac{\text{میزان انتقال مجدد (گرم در متر مربع)}}{\text{عملکرد دانه (گرم در متر مربع)}} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

(۵) سهم فتوسنتز جاری در عملکرد = ۱۰۰ − سهم انتقال مجدد در عملکرد

عملیات برداشت گندم در مزرعه در تاریخ ۲۷ تیرماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. بدین منظور پس از حذف حاشیه و با استفاده از یک کادر ۲ در ۱ متر (مساحت ۲ متر مربع) اقدام به برداشت شد. کلیه بوته‌های درون کادر کف‌بر شد و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت تعیین شد. کارآیی مصرف آب نیز با تقسیم عملکرد دانه (برحسب کیلوگرم در هکتار) بر آب مصرفی در هر تیمار (برحسب متر مکعب در هکتار) محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه از دستگاه NIR آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه استفاده شد. با استفاده از رابطه (۶) کارآیی زراعی کود نیتروژنه محاسبه شد (Timsina *et al.*, 2001).

$$\text{کارآیی زراعی کود نیتروژنه} (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{افزایش وزن دانه}}{\text{نیتروژن مصرف شده}} \qquad (۶)$$

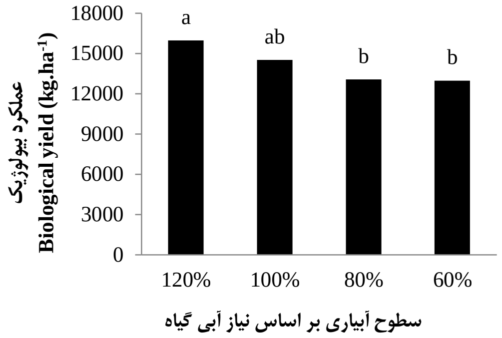
تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

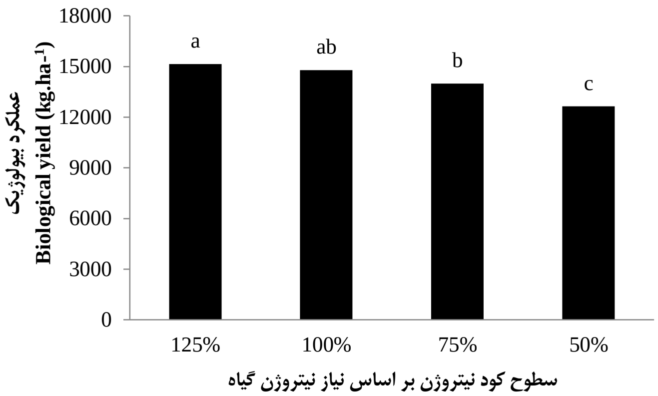
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف آبیاری وکود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمارهای تأمین ۱۲۰٪ نیاز آبی (۱۵۹۷۶کیلوگرم در هکتار) و ۶۰٪ نیاز آبی (۱۲۹۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۱). بیشترین وکمترین عملکرد بیولوژیک نیز به‌ترتیب از تیمارهای ۱۲۵٪ نیاز کودی (۱۵۱۴۱ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰٪ نیاز کودی (۱۲۶۴۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که

از لحاظ آماری با تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی و کودی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). میزان این افزایش ۱۹ درصد بود. افزایش نیتروژن منجر به افزایش مقدار ماده خشک و همچنین گسترش و حجیم شدن ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود. علاوه بر آن افزایش نیتروژن باعث تسریع رشد سبزینه‌ای گیاه و افزایش حجم بخش هوایی می‌شود (Fooladvand *et al*., 2006).



شکل ۱- اثرات سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 1- Effects of different levels of irrigation on the biological yield of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p ≤ 0.05 probability.



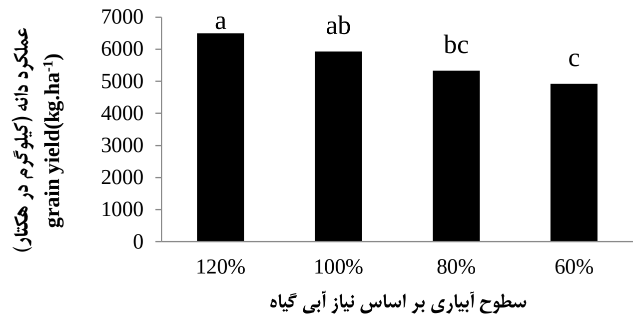
شکل ۲- اثرات سطوح مختلف درصد نیتروژن مورد نیاز بر عملکرد بیولوژیک گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 2- Effects of different levels of nitrogen fertilizer on the biological yield of irrigated wheat.Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p ≤ 0.05 probability.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژنه بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود (P<0.01) اما اثرات متقابل آن‌ها غیرمعنی دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب در تیمارهای تأمین ۱۲۰ درصد (۶۴۹۸ کیلوگرم در هکتار) و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) ثبت شد، اما بین سطوح تیماری تأمین ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، به عبارت دیگر با افزایش مصرف آب، عملکرد بیشتری از نظر آماری حاصل نشد (شکل ۳). تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۹، ۱۸ و ۲۴ درصد افزایش عملکرد داشت. پژوهشگران زیادی کاهش عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Rajala *et al*., 2009; Gonzalez *et al*., 2010 Kirigwi *et al*., 2004). همچنین با بررسی مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده شد که بین سطوح تیماری مصرف کود نیتروژنه به میزان ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد نیاز کودی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما عملکرد در تیمار کودی ۵۰ درصد تامین نیازکودی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۴). تیمار تأمین ۱۲۵ درصد نیاز کودی در مقایسه با تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز کودی به‌ترتیب ۱، ۵ و ۲۱ درصد افزایش عملکرد نشان داد. در این مطالعه گندم در تناوب با سیب‌زمینی کشت شد. مصرف مقادیر بالای کودهای دامی در زراعت سیب‌زمینی معمولاً سبب می‌شود که گیاه بعدی کمتر با مشکلات تغذیه‌ای مواجه گردد (Hatfield *et al*., 2004) بیان کردند که اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد گندم تحت تأثیر مستقیم نیتروژن قرار می‌گیرند.

با وجود این‌که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲) اما نتایج نشان داد که ۱۲۰٪ نیاز آبی و مصرف ۱۲۵٪ نیتروژن منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه شد و کمترین عملکرد مربوط به تیمار ۶۰٪ نیاز آبی گیاه و مصرف ۵۰٪ نیتروژن بود معنی‌دار نشدن اثر متقابل بدین معنی است که پاسخ گیاه به سطوح مختلف نیتروژن مستقل از سطوح رطوبتی است و در این مطالعه نیز مشخص شد که در تمام سطوح رطوبتی به استثنای سطح ۶۰ درصد تأمین نیاز آب گیاه عملکرد با کاهش فراهمی نیتروژن دچار کاهش شد (شکل ۵). البته تحت سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد تفاوت معنی‌داری بین عملکرد تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ مصرف کود نیتروژن مشاهده نشد اما افزایش آب تا سطح ۱۲۰ درصد سبب شد که گیاه به مصرف بیشتر کود نیتروژن پاسخ دهد و در این سطح رطوبتی مصرف ۱۲۵ درصد نیتروژن براساس نیاز گیاه منجر به افزایش معنی‌داری عملکرد نسبت به سایر سطوح شد.



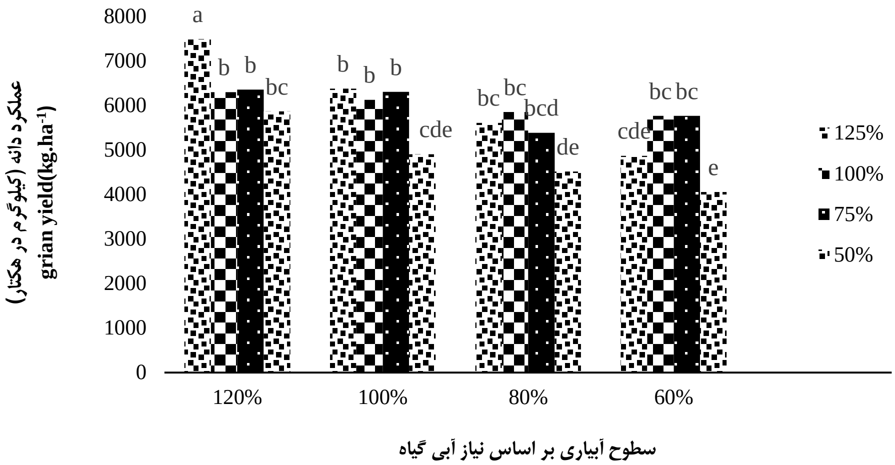
شکل ۳- اثرات سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 3- Effects of different levels of irrigation on the grain yield of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤0.05 probability.



شکل ٤- اثرات سطوح مختلف درصد نیتروژن مورد نیاز بر عملکرد دانه گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 4- Effects of different levels of nitrogen rtilizer on grain yield of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤0.05 probability.



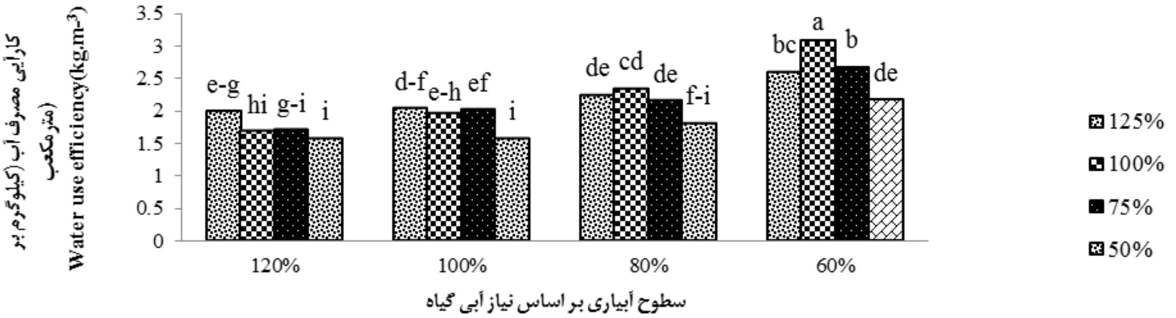
شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و درصد نیتروژن مورد نیاز بر عملکرد دانه گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 5- Interaction effect of different irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) levels on the yield of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability

کارآیی مصرف آب آبیاری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲، $p \leq 0.05$). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب، بهترین تیمار در سطح تیمار تأمین ۶۰ درصد مصرف آبی گیاه با تأمین ۱۰۰ درصدی مصرف نیتروژن به‌دست آمد (۳/۰۸ کیلوگرم بر متر مکعب)، (شکل ۶). در این تحقیق کارایی مصرف آب فقط بر اساس میزان آب مصرفی محاسبه شد و اگر میزان بارندگی نیز در محاسبه کارایی مصرف آب لحاظ گردد کارایی مصرف آب آبیاری کمتر از این مقدار می‌شود به عبارتی دیگر می‌توان گفت که در شرایط کمبود آب تأمین صد درصدی نیاز نیتروژن گیاه کارآیی مصرف آب را در سطح بالایی نگه می‌دارد و در صورت کاهش مقدار نیتروژن، کارآیی مصرف

آب نیز کاهش خواهد یافت. درکل، هرچه مقدار آب مصرفی بیشتر شد، کارآیی مصرف آب کاهش پیدا کرد. در حالت کلی با کاهش مصرف آب و افزایش مصرف کود کارآیی مصرف آب افزایش یافت. اما مشاهده شد که هرچه تأمین آب مورد نیاز کمتر شود، مزیت مصرف حداکثر کود نیتروژنه در بهبود کارآیی مصرف آب با کاهش مواجه می‌شود. به عبارت دیگر در تیمار آبیاری تامین ۱۲۰٪ نیاز آبی مصرف کود به میزان ۱۲۵٪ نیاز کودی بیشترین کارآیی مصرف آب را نشان داد ولی در تیمار آبیاری ۱۰۰٪ تیمار کودی اثری فوق مشابه تیمار کودی ۱۰۰٪ داشت، در تیمار آبیاری ۸۰٪ تیمار کودی فوق (۱۲۰٪ نیاز آبی) در رتبه دوم و در تیمار کودی ۶۰٪ تیمار آبیاری فوق‌الذکر (۱۲۰٪ نیاز آبی) در رتبه سوم قرار داشت. این بررسی با نتایج تحقیقات (Ghobadi *et al.*, 2015) مطابقت دارد، آن‌ها نیز عنوان نمودند که در صورت کافی بودن آب، مصرف کود نیتروژن راندمان مصرف آب را افزایش می‌دهد. براساس قانون بازده نزولی میچرلیخ کارایی مصرف منابع در سطوح پایین نهاده‌ها بالاتر است. بنابراین به نظر می‌رسد که با مصرف کمتر نهاده‌ها بتوان به یک راندمان بالاتر دست پیدا کرد. بنابراین در شرایط کمبود آب آبیاری می‌توان با افزایش میزان کود نیتروژن کارایی مصرف آب را افزایش داد. درکل هرچه مقدار آب مصرفی بیشتر شد، کارایی مصرف آب کاهش پیدا کرد و در تمامی سطوح آبیاری، کاهش کود ازته باعث کاهش کارایی مصرف آب شد و در هر سطح آبیاری مصرف ۵۰ درصد نیاز کودی کمترین کارایی را نشان داد. نیتروژن عنصری ضروری برای رشد و نمو گیاه بوده و تغییر در مقادیر قابل دسترس آن به‌ویژه در شرایط تنش آب عملکرد گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی موثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تاخیر می‌افتد (El- Gendy *et al.*, 2015).



شکل ٦- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی) و نیتروژن (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز نیتروژن) بر کارآیی مصرف آب گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6 - Interaction of different levels of irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) on water use efficiency of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی

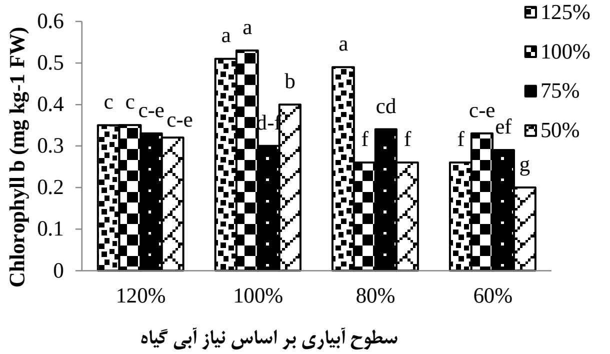
Table 2- Analysis of variance of the effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on yield and yield components of irrigated wheat

		Means squares میانگین مربعات			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
بلوک (Block)	2	20941618*	7868746**	58.98*	1.01**
آبیاری (Irrigation)	3	23986469*	5692999**	20.42ns	1.83**
خطای کرت اصلی (Main plot)	6	4336946	516999	7.69	0.06
کود نیتروژن (Fertilizer)	3	14810697**	3986803**	23**	0.059**
آبیاری× کود نیتروژن Irrigation× Fertilizer	9	3034454ns	460910ns	9.04ns	0.08*
خطای کرت فرعی (Sub error)	24	1623259	311542	5.49	0.03
ضریب تغییرات C.V(%)	-	9.0	9.8	5.9	8.7

**، * و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

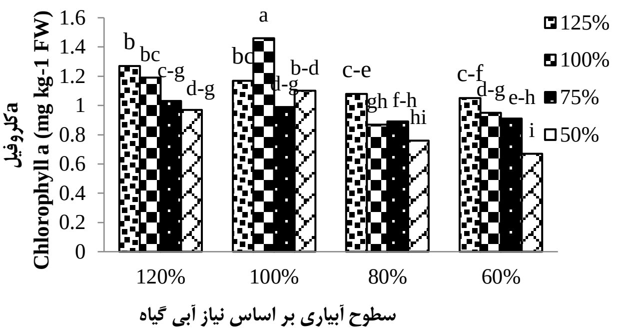
**, * and ns, respectively, indicate significant differences at 1%, 5% and non-significant.

زرد شـــدن (کلروزیس) حاصل کمبود نیتروژن در گیاه است کـه باعـــث کـــاهش رشـــد گیـاه و پیـری زودرس بـرگ‌هـا مـی‌شـود (Majidian *et al*., 2008; Fatih *et al*., 2010). کمتـرین میـزان کلروفیـل در این تحقیق در سطح تیمـاری ۵۰ درصـد مصـرف کـود نیتـروژن و ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه بـه‌دسـت آمـد و بـا رونـد افزایشی آن تا رسیدن به نقطه مطلوب نیاز کودی و آبـی بـه حـداکثر خود رسید. در مجموع، بین تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصـد نیـاز آبـی و تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیـاز کـودی تفـاوتی از لحـاظ محتـوای کلروفیل وجود نداشت که نشان‌دهنده‌ی مطلـوب بـودن سـطوح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و نیتروژن برای تأمین کلروفیل می‌باشد. این آزمـایش نشان داد که تأثیر مثبت افزایش میزان کود نیتروژنه بـا افـزایش نیـاز آبی تا حد بهینه گیاه میسر است به طوری‌که در سطوح بالا یا پایین‌تر تیمارهای آبی اثر آن بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کـل کاهشـی خواهد بود که با نتایج مطالعه (Afkari *et al*., 2018) مطابقـت دارد. تحت تاثیر کاهش آبیاری از ۱۲۰ درصد به ۶۰ درصد عملکرد دانه ۲۴ درصد و تحت تاثیر کاهش مصرف کود نیتروژنـه مقـدار عملکـرد ۲۱ درصد کاهش یافته است و در خصوص مقدار کلروفیـل a بـا کـاهش مقدار آب از ۱۲۰ درصد به ۶۰ درصد ۲۰ درصد و با کاهش مقدار کود از ۱۲۵ درصد به ۵۰ درصد مقـدار عملکـرد ۲۳ درصـد کـاهش یافتـه است. همچنین در خصوص مقدار کلروفیل b با کـاهش مقـدار آب از ۱۲۰ درصد به ۶۰ درصد، ۱۹/۸۸درصد و با کاهش مقدار کـود از ۱۲۵ درصد به ۵۰ درصد مقدار عملکرد ۲۷ درصد کاهش یافته است.



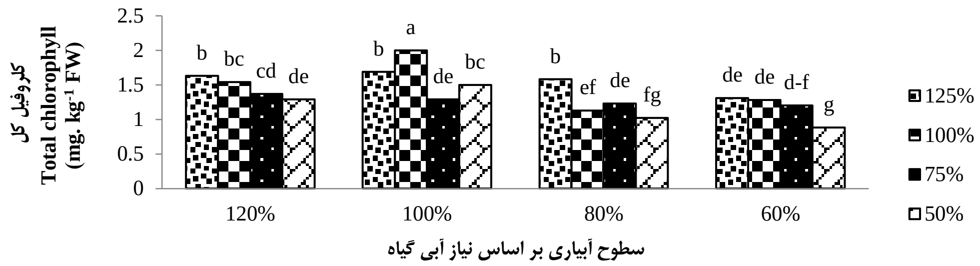
شکل ۷- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و نیتروژن (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز نیتروژن) بر محتوی کلروفیل b در گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- Interaction of different levels of irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) on Chlorophyll b of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.



شکل ۸- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و نیتروژن (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز نیتروژن) بر محتوی کلروفیل a در گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 8- Interaction of different levels of irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) on Chlorophyll a of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.



شکل ۹- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و نیتروژن (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز نیتروژن) بر محتوی کلروفیل کل در گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 9 – Interaction effects of different levels of irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) onTotal Chlorophyll of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر محتوی کلروفیل گندم آبی

Table 3- Analysis of variance of the effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on chlorophyll content of irrigated wheat

		میانگین مربعات Means squares		
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
بلوک (Block)	2	0.0139^ns^	0.0007^ns^	0.0202*
آبیاری (Irrigation)	3	0.2594**	0.0575**	0.5125**
خطای کرت اصلی (Main plot)	6	0.0048	0.0005	0.0028
کود نیتروژن (Fertilizer)	3	0.2004**	0.0258**	0.3753**
آبیاری× کود نیتروژن Irrigation× Fertilizer	9	0.0372**	0.0169**	0.0849**
خطای کرت فرعی (Sub error)	24	0.0109	0.0007	0.0127
ضریب تغییرات (درصد)C.V(%)	-	10.2	7.7	8.2

** * و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, **and ns, respectively, indicate significant differences at 1%, 5% and non-significant

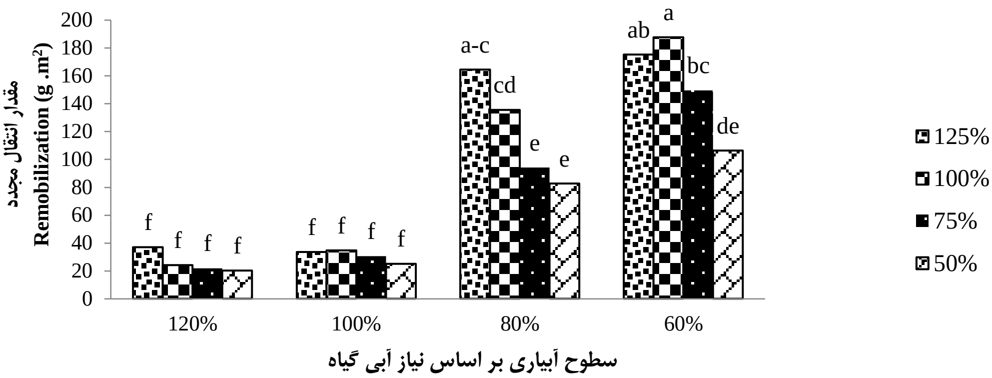
میزان کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی‌دار (P<0.01) بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کلروفیل a، b و کلروفیل کل مربوط به سطح تیماری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار۱۰۰ درصدی مصرف کود نیتروژنه مربوط بود. همچنین کمترین میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح تیماری تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و سطح ۵۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه حاصل شد (شکل‌های ۷، ۸ و ۹).

تشخیص دقیق وضعیت نیتروژن در گیاهان زراعی بسیار مهم می باشد. اگر نیتروژن به میزان مطلوب در اختیار گیاه باشد، باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. کلروفیل و نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند و به همین دلیل از میزان کلروفیل برای تعیین وضعیت نیتروژن در گیاهان استفاده می‌شود (Ebertseder *et al.*, 2003).

مقدار انتقال مجدد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد معنی‌دار (p<0.01) بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین مربوط به میزان انتقال مجدد ساقه حاکی از آن بود که بین تیمارهای تأمین آبی ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی در همه‌ی سطوح کود مصرفی نیتروژن تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. با افزایش آبیاری به دلیل افزایش فتوسنتز جاری و عدم نیاز به ذخایر ساقه، میزان انتقال مجدد کاهش یافت به طوری‌که در سطوح ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی میزان انتقال مجدد به حدود یک چهارم تیمارهای ۶۰ و۸۰ درصد تأمین نیاز آبی کاهش یافت. همچنین بیشترین میزان انتقال مجدد ساقه (۱۸۷ گرم در متر مربع) مربوط به سطح تیماری ۶۰ درصد نیاز آبی در سطح۱۰۰ درصدی کود نیتروژن بود (شکل ۱۰). به‌طور کلی در شرایط مطلوب آبیاری، سطوح بالاتر مصرف نیتروژن به دلیل تولید سطح برگ بالاتر و همچنین بالا بودن مقدار و دوام فتوسنتز جاری میزان انتقال مجدد کمتر بود و بدین ترتیب سهم مواد ذخیره‌ای در عملکرد دانه کاهش یافت. نتایج مطالعات حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی، مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن باعث تولید سطح برگ بیشتر در اوایل فصل رشد شده و این مسئله سبب افزایش مقدار مواد ذخیره‌ای در ساقه و در نتیجه افزایش میزان انتقال مجدد در مقایسه با مقادیر کمتر مصرف نیتروژن می‌گردد (Gholinezhad, 2014). در آزمایش حاضر این شرایط در تیمارهای مصرف کمتر آب مشهود بود. در مجموع، در هر سطح تأمین نیاز آبی با کاهش مصرف نیتروژن میزان انتقال مجدد کاهش یافت که دلیل آن کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش ذخایر ساقه می‌باشد. روند مشابه میزان انتقال مجدد تحت تأثیر کود نیتروژنه (شکل ۹) و میزان کلروفیل برگ (شکل ۱۰) مؤید نکته فوق است. اثرات مثبت مصرف کود نیتروژنه در افزایش انتقال مجدد در نهایت اثر خود را در بهبود کارآیی مصرف آب (شکل ۵) نیز نشان داده است.



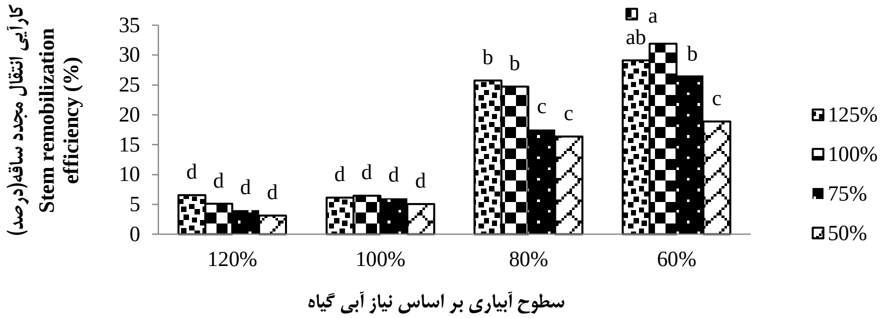
شکل ۱۰- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و درصد نیتروژن مورد نیاز بر میزان انتقال مجدد ساقه در گندم آبی

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 10- Interaction of different levels of irrigation and nitrogen on Remobilization of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability

کارآیی انتقال مجدد ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آبیاری و نیتروژن، بر کارآیی انتقال مجدد ساقه معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بین سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری از نظر کارآیی انتقال مجدد ساقه وجود نداشت و با افزایش مصرف آب کارآیی انتقال مجدد ساقه کاهش پیدا کرد (شکل ۱۱). بیشترین میزان کارآیی انتقال مجدد ساقه (۳۲٪) مربوط به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی بود به عبارت دیگر در این تیمار ۳۲ درصد وزن دانه حاصل انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه است (شکل ۱۰). با کاهش آب قابل دسترس و افزایش کود نیتروژن، انتقال مجدد ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Baradaran Firoz Abadi *et al*., 2004). (Dordas and Sioulas, 2008) بیان داشتند که کود نیتروژن میزان فتوسنتز جاری را افزایش داده و میزان انتقال مجدد ماده خشک را کاهش می‌دهد. در شرایط مطلوب آبیاری و کود نیتروژن به دلیل افزایش میزان فتوسنتز، نیاز به ذخایر ساقه کاهش یافته و کارآیی انتقال مجدد کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که در تیمارهای فوق منبع فتوسنتزی کافی بود وگیاه فاقد محدودیت منبع بوده است و چندان نیازی به ذخایر ساقه نداشته است. بنابراین در این شرایط، گیاه مقصد محدود بوده است و سنبله توانایی جذب مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه را به‌طور مطلوب نداشته است و لذا می‌توان انتظار داشت وزن دانه در این تیمار به حداکثر خود نزدیک شده باشد.

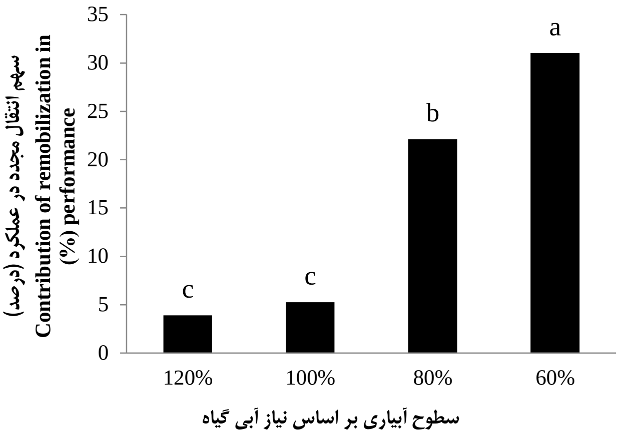


شکل ۱۱- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و درصد نیتروژن مورد نیاز بر کارآیی انتقال مجدد ساقه در گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 11- Interaction of different levels of irrigation and nitrogen on Stem remobilization efficiency of irrigated wheat Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability

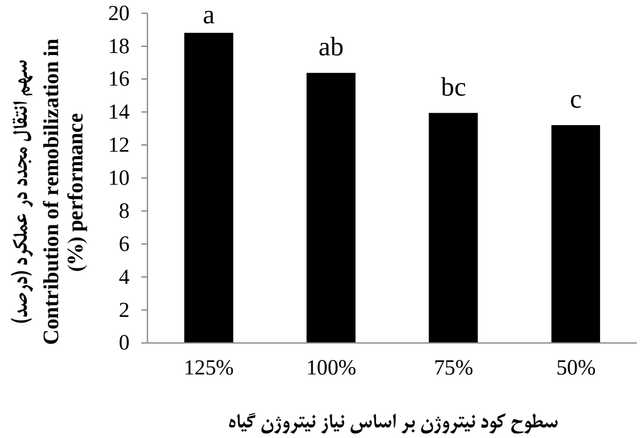
سهم انتقال مجدد در عملکرد

اثر اصلی سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر سهم انتقال مجدد در عملکرد معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین سهم (۳۱ درصد) مربوط بـه تیمار تـأمین ۶۰ درصد نیاز آبی بود و با افزایش میزان آبیاری مقدار آن کـاهش یافت (شکل ۱۲). کم‌ترین میزان این صفت در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۴ درصد) به‌دست آمد. سهم انتقال مجدد در عملکرد در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمارهای ۱۰۰، ۱۲۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۸۷، ۸۳ و ۲۹ درصد افـزایش داشـت. عملکـرد دانـه گندم تابع دو منبع فتوسنتز جـاری و انتقـال مجـدد مـواد فتوسـنتزی ذخیره شده از اندام‌های رویشی مـی‌باشـد (Forouzi *et al.*, 2016). یک بررسی مشاهده شد که افزایش تـنش خشـکی موجـب افـزایش انتقال مجدد ماده خشک به‌خصوص از قسـمت میـانگره‌هـای پـایینی ساقه به دانه می‌شود (Abdoli *et al.*, 2013).



شکل ۱۲- اثرات سطوح مختلف آبیاری بر سهم انتقال مجدد در عملکرد گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure12- Effects of different levels of irrigation on the Contribution of remobilization in performance of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability



شکل ۱۳- اثرات سطوح مختلف درصد نیتروژن مورد نیاز بر سهم انتقال مجدد در عملکرد گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

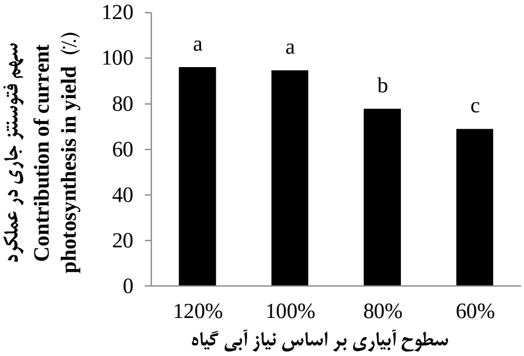
Figure 13- Effects of different levels of nitrogen Contribution of remobilization in performance of fertilizer of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability

نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن بر سهم انتقـال مجـدد در عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمـار تـأمین ۱۲۵ درصد نیاز کودی و کم‌ترین آن در تیمار تـأمین ۵۰ درصـد نیـاز کودی حاصل گردید (شکل ۱۳). سـهم انتقـال مجـدد در عملکـرد در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز کـودی در مقایسـه بـا تیمارهـای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ درصد نیاز نیتروژن به‌ترتیب ۱۳، ۲۶ و ۳۰ درصد افزایش نشان داد. در مجموع، نتایج نشان داد که سهم انتقال مجدد در عملکرد بیشتر تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت تا سطوح نیتروژن.

سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه

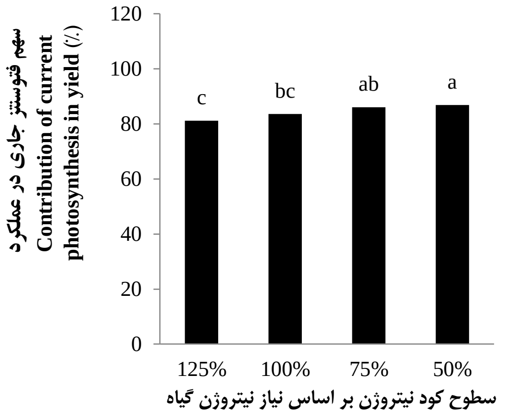
بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بـرای صـفت سـهم فتوسنتز جاری در عملکرد تنهـا اثـرات سـاده تیمارهـای آبـی و کـود نیتروژن معنی‌دار ($p<0.01$) بـود (جـدول ۴). بررسـی نتـایج مقایسـه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف رژیم آبی بر سهم فتوسنتز جـاری در عملکرد نشان داد که بیشترین میزان (۹۶ درصد) به تیمار آبی ۱۲۰ درصد مربوط بود که از لحاظ آماری با تیمار تـأمین ۱۰۰ درصـد نیـاز آبی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان آن (۶۹ درصد) به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی مربوط بـود (شـکل۱۴). در بررسـی سطوح مختلف کود نیتروژن نیـز مشـخص شـد کـه بیشـترین سـهم فتوسنتز جاری در عملکرد (۸۷ درصد) به تیمار تأمین ۵۰ درصـد نیـاز کودی مربوط بود و با افزایش مصرف کود نیتروژنه مقـدار آن کـاهش یافت. دلیل این امر تأثیر شدیدتر کودهای ازته بر بهبود رشـد رویشـی در دوره رشد فعال گندم قبل از گلدهی در مقایسه با رشد رویشی آرام

بعد از گلدهی بود که باعث افزایش ذخایر ساقه و به دنبال آن افزایش انتقال مجدد این ذخایر به دانه و افزایش سهم ذخایر دانه در عملکـرد می گردید، این امر با کاهش سهم فتوسنتز جاری در عملکـرد همـراه شد (شکل ۱۵).



شکل ۱٤- اثرات سطوح مختلف آبیاری بر سهم فتوسنتز جاری در عملکرد گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 15- Effects of different levels of irrigation on Contribution of current photosynthesis in yield of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.



شکل ۱۵- اثرات سطوح مختلف درصد نیتروژن مورد نیاز بر سهم فتوسنتز جاری در عملکرد گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 16 - Effects of different levels of nitrogen on Contribution of current photosynthesis in yield of fertilizer of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه اثـر متقابـل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر درصد پروتئین دانه معنـی‌دار نبود. همچنین درصد پـروتئین در ایـن آزمـایش تحـت تـأثیر سـطوح مختلف آبیاری قرار نگرفت (جدول ۵). درصـد پـروتئین در تیمارهـای تامین نیاز آبی بین ۹/۹ تا ۱۰/۹ درصد متغیر بود (شـکل ۱۶). سـطوح مختلف کود نیتروژن اعمال شده بـر درصـد پـروتئین گـندم معنـی‌دار (P<0.05) گردید به این ترتیب که بیشترین (۱۱/۳ درصد) و کمترین (۱۰/۲ درصد) درصد پروتئین دانه در تیمارهای ۱۲۵ درصد تامین نیـاز نیتروژن و ۷۵ درصد تأمین نیاز نیتروژن مشاهده شد (شکل ۱۷).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان فتوسنتز جاری و پارامترهای انتقال مجدد در گندم آبی

Table 4- Analysis of variance of the effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on current photosynthesis and remobilization parameters in irrigated wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مقدار انتقال مجدد Remobilization	کارآیی انتقال مجدد ساقه Stem remobilization efficiency	سهم انتقال مجدد در عملکرد Contribution of remobilization in performance	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد Contribution of current photosynthesis in yield
		میانگین مربعات Means squares			
بلوک (Block)	2	1044^{ns}	9.26^{ns}	7.48^{ns}	7.48^{ns}
آبیاری (Irrigation)	3	49698^{**}	1440^{**}	20.96^{**}	2096^{**}
خطای کرت اصلی (Main plot)	6	1226	14.32	20.70	20.69
کود نیتروژن (Fertilizer)	3	4845^{**}	105.18^{**}	77.46^{**}	77.48^{**}
آبیاری× کود نیتروژن Irrigation× Fertilizer	9	1173^{**}	22.09^{*}	22^{ns}	22.01^{ns}
خطای کرت فرعی (Sub error)	24	358.54	7.11	11.72	11.27
ضریب تغییرات C.V(%)	-	22.9	18.3	21.5	4.0

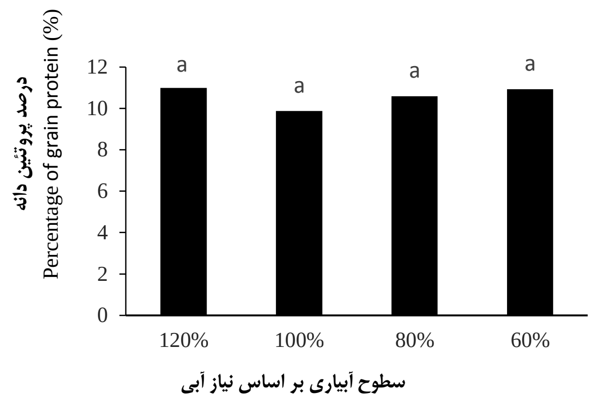
** و * و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, **and ns, respectively, indicate significant differences at 1%, 5% and non-significant

طهماسبی سروستانی و همکاران (Tahmasebi Sarvestani *et al.*, 2011) در آزمایش خود روی گندم گزارش کردند که درصد پروتئین دانه گندم تحت تأثیر تیمار آبیاری معنی‌دار نشد که این نتایج با نتایج آزمایش حاضر منطبق می‌باشد. (Bole and Dubetz, 2006) در آزمایش خود بیان داشتند که با افزایش میزان آبیاری عملکرد گندم افزایش پیدا کرد اما درصد پروتئین دانه کاهش یافت که این نتیجه مغایر با نتیجه حاصل از آزمایش حاضر می‌باشد. لازم به ذکر است که افزایش عملکرد دانه همراه با ثبات درصد پروتئین دانه تحت تیمارهای افزایش مصرف آب در این تحقیق نشان از افزایش محتوای پروتئین دانه در واحد سطح متناسب با افزایش عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به این مسئله که کود نیتروژنه یکی از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار در افزایش درصد نیتروژن دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد کود نیتروژنه تجمع این عنصر در دانه و همچنین در اندام‌های هوایی گندم مورد مطالعه در آزمایش حاضر را بیشتر از افزایش عملکرد افزایش داد. این وضعیت در نهایت، منجر به بهبود درصد پروتئین دانه‌ها شد. در این آزمایش در تیمار تأمین ۱۲۵ درصد نیاز نیتروژن بیشترین درصد پروتئین مشاهده شد سایر تیمارهای کودی علی‌رغم افزایش عملکرد دانه، درصد پروتئین را افزایش ندادند، این امر نشان می‌دهد که سطوح کودی معادل و کمتر از ۱۰۰٪ نیاز کودی فقط نیاز نیتروژن دانه را متناسب با افزایش عملکرد افزایش داده‌اند و باعث افزایش درصد پروتئین دانه نشده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق در خصوص افزایش درصد نیتروژن در تیمارهای کودی مشابه با نتایج تحقیقات (Garrido-Lestache *et al.*, 2005) و (Guadra *et al.*, 2014) می‌باشد.

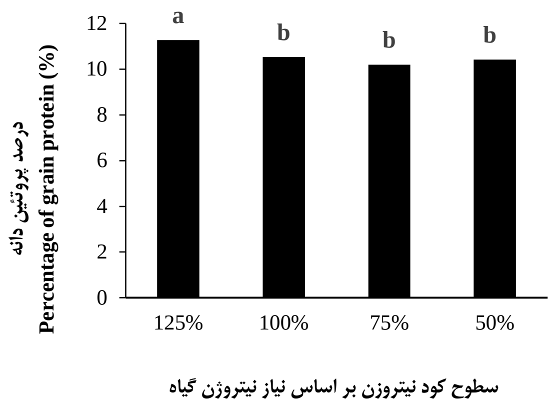
کارآیی زراعی کود نیتروژنه

کارآیی زراعی کود نیتروژنه عبارت است از افزایش عملکرد دانه به ازای هر کیلوگرم مصرف کود نیتروژنه مازاد بر تیمار شاهد (۵۰٪ تأمین نیاز کودی). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کارآیی زراعی کود نیتروژن نشان داد که این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژنه قرار گرفت ($p<0.01$) (جدول ۶). بیشترین (۷۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود نیتروژن مصرفی) و کمترین (۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) مقدار کارآیی زراعی کود نیتروژن به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تأمین ۷۵ درصد نیازکودی و تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد (شکل ۱۸).



شکل ۱۶- اثرات سطوح مختلف آبیاری بردرصد پروتئین دانه گندم آبی ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 17- Effects of different levels of irrigation on Percentage of grain protein of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.



شکل ۱۷- اثرات سطوح مختلف کود نیتروژنه بر درصد پروتئین گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 18- Effects of different levels of nitrogen on Percentage of grain protein of fertilizer of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significantly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژنه بر درصد پروتئین دانه گندم آبی

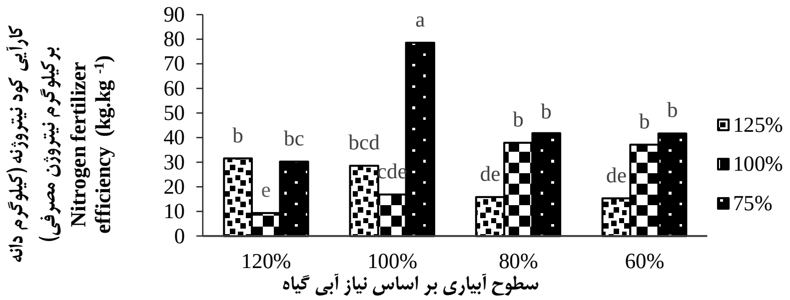
Table 5- Analysis of variance of the effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on the percentage of wheat grain protein

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means squares: درصد پروتئین دانه Percentage of grain protein
بلوک (Block)	2	1.64ns
آبیاری (Irrigation)	3	3.12ns
خطای کرت اصلی (Main plot)	6	2.64
کود نیتروژن (Fertilizer)	3	2.63*
آبیاری× کود نیتروژن (Irrigation× Fertilizer)	9	0.5ns
خطای کرت فرعی (Sub error)	24	0.74
ضریب تغییرات C.V(%)	-	8.1

** و * و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, **and ns, respectively, indicate significant differences at 1%, 5% and non-significant

نتایج آزمایش‌هایی در خصوص تأثیر میزان کود نیتروژن بر کارآیی آن نشان داده است که با افزایش کاربرد نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن در همه تیمارها با اختلاف معنی‌داری بین تمام سطوح کودی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که دلیل این کاهش عمدتاً ناشی از این مسئله باشد که رابطه‌ی بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه‌ی گندم خطی نیست. به عبارت دیگر با افزایش کاربرد کود نیتروژن به همان میزان عملکرد دانه بهبود نمی‌یابد (Hosseini *et al*., 2013). زیرا بخشی از نیتروژن جذب شده به گیاه در تیمارهای بالای کود نیتروژنه صرف افزایش پروتئین دانه می‌شود که این وضعیت در آزمایش حاضر نیز مشاهده شد. از طرف دیگر در سطوح بالای مصرف کود نیتروژنه جذب نیتروژن قابل دسترس گیاه به آهستگی افزایش می‌یابد که این امر خود موجب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود (Recous and Machet, 2019). در مطالعات مختلف نشان داده شده است که تعدیل در مصرف کودهای نیتروژنه می‌تواند منجر به بهبود کارآیی مصرف این عنصر توسط گیاه شود. با توجه به این‌که عموماً در شرایط آبیاری در استان کردستان ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژنه گیاه تأمین می‌شود، لذا می‌توان انتظار داشت که در استان کردستان در شرایط آبی کارآیی کود نیتروژنه حدود ۲۰ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود نیتروژن مصرفی باشد از طرف دیگر در شرایط دیم، تأمین نیاز آبی کمتر از ۶۰ درصد و تامین کود نیتروژنه کمتر از ۷۵ درصد است، لذا انتظار می‌رود که کارآیی کود نیتروژنه در شرایط دیم حدود ۴۰ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر کیلوگرم کود نیتروژنه باشد. باتوجه به این‌که قیمت هر کیلوگرم کود نیتروژنه (معادل ۲/۲ کیلو کود اوره) در سال ۱۳۹۹حدود ۳ هزار تومان و قیمت هر کیلوگرم گندم حدود ۴ هزار تومان می‌باشد، از طرف دیگر به ازای مصرف هر کیلوگرم نیتروژن خالص، ۲۰-۴۰ کیلوگرم دانه اضافی تولید می‌شود لذا مصرف کود نیتروژنه تا مقدار ۱۰۰ درصد نیاز کودی کاملاً اقتصادی و مقرون به صرفه است.



شکل ۱۸- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و نیتروژن (۱۲۵، ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز نیتروژن) بر کارآیی کود نیتروژنه در گندم آبی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 19- Interaction of different levels of irrigation (120, 100, 80 and 60% of water requirement) and nitrogen (125, 100, 75 and 50% of nitrogen requirement) on Nitrogen fertilizer efficiency of irrigated wheat. Columns with same lettrs are not significanttly difference by using multiple test at p≤ 0.05 probability.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژنه بر کارآیی کود نیتروژنه گندم آبی

Table 6- Analysis of variance of the effect of different levels of irrigation and nitrogen fertilizer on the efficiency of irrigated wheat nitrogen fertilizer

		میانگین مربعات Means squares
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	کارآیی کود نیتروژن Nitrogen fertilizer efficiency
بلوک (Block)	2	6.25^{ns}
آبیاری (Irrigation)	3	468.26^{ns}
خطای کرت اصلی (Main error)	6	122.94
کود نیتروژن (Fertilizer)	2	23.22^{**}
آبیاری× کود نیتروژن Irrigation× Fertilizer	6	946.13^{**}
خطای کرت فرعی (Sub error)	16	69.36
ضریب تغییرات (C.V(%)	–	25.9

** *و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns, respectively, indicate significant differences at 1%, 5% and non-significant

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق تیمار تامین ۱۲۰٪ نیاز آبی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی حاصل نمود، البته این افزایش در رابطه با عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این مسئله ممکن است ناشی از آن باشد که برآوردهای نیاز آبی براساس عملکرد دانه است و نه عملکرد بیولوژیک. از طرف دیگر با ۴۰ درصد کاهش مصرف آب از تیمار تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی به ۶۰٪ عملکرد فقط ۱۵ درصد کاهش یافت که اهمیت کم آبیاری را در افزایش کارآیی مصرف آب در شرایط بحرانی نشان می‌دهد. با کاهش ۲۵ درصد کود نیتروژنه در مقایسه با تیمار تامین ۱۰۰٪ کود نیتروژنه عملکرد فقط ۵ درصد کاهش یافت. اما باید درنظر داشت که ارزش ریالی این ۵ درصد عملکرد بالاتر از ارزش ۲۵٪ کود نیتروژنه مصرفی بیشتر است، لذا با توجه به کمبود مواد آلی خاک در استان کردستان و پایین بودن درصد پروتئین دانه که در این تحقیق مشاهد شد، کاهش مصرف کود نیتروژنه در مقایسه با تیمار ۱۰۰٪ پیشنهاد نمی‌شود. همچنین مصرف ۱۰۰٪ کود نیتروژنه با آبیاری محدود ۶۰ ٪ تأمین نیاز آبی گیاه باعث بالاترین کارآیی مصرف آب به میزان ۳/۰۸ کیلوگرم بر متر مکعب گردید که اهمیت مصرف کود نیتروژنه را از این لحاظ نشان می‌دهد. تیمار کودی صددرصد در کنار تأمین مناسب آب بالاترین مقدار کلروفیل را حاصل نمود که نشان می‌دهد اثرات مثبت مصرف کود نیتروژنه زمانی به حداکثر می‌رسد که مصرف آب نیز در حد بهینه باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش آبیاری و مصرف کود نیتروژنه به دلیل افزایش فتوسنتز جاری و عدم نیاز به ذخایر ساقه، میزان انتقال مجدد به حدود یک چهارم شرایط تنش کاهش یافت. در کل سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه از ۴ درصد در شرایط بهینه آب و نیتروژن تا ۳۱ درصد در شرایط نامطلوب آب و نیتروژن متغیر بود. این وضعیت هماهنگ با تغییرات محتوای کلروفیل برگ بود که بر کارآیی مصرف آب نیز موثر بود. نیاز کمتر به انتقال مجدد در تیمارهای فوق باعث کاهش کارآیی ساقه در انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای گردید.

افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف بهینه آب و کود نیتروژنه ممکن است باعث رقیق شدن پروتئین درآندوسپرم دانه و کاهش درصد پروتئین گردد ولی نتایج نشان داد که مصرف بهینه نیتروژن نه تنها عملکرد را افزایش می‌دهد بلکه درصد پروتئین دانه را نیز بهبود می‌بخشد. البته مصرف زیاد کود نیتروژنه به‌عنوان یک نهاده می‌تواند کارآیی زراعی کود نیتروژنه را کاهش دهد، اما به‌واسطه اثرات مثبت کود نیتروژنه بر عملکرد و درصد پروتئین این کاهش قابل اغماض است.

Referecnes

1. Afkari, A. 2018. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33 (6): 1047-105.doi: 10.22092/ijmapr.2018.112686.2085.
2. Akhavan, K. 2015. The application of drip irrigation system (Tape) in wheat cultivation. Extension Manual, Number 83: 201.
3. Al-Ghzawi, A., Khalaf, Y., Al-Ajlouni, Z., AL-Quraan, N., Musallam, I., and Hani, N. J. A. 2018. The effect of supplemental irrigation on canopy temperature depression, chlorophyll content, and water use efficiency in three wheat (*Triticum aestivum* L. and *T .durum Desf.*) varieties grown in dry regions of jordan. Agriculture 8 (5): 1-23.
4. Baradaran Firoz Abadi, M., Elahian Noughabi, M., Rahimzadeh, F., Moghadam, M., Ranji, Z., and Rarsaeian, M. 2004. Effect of deferent levels of continuous water strees on quantity and quantity of tree sugar beet lins, Journal of Suger beet 19 (2): 133-144**.**
5. Bole, J. B., and Dubetz, S. 2006. Effect of irrigiation and nitrogen fertilizer on the yield and protein content of soft white spring wheat. Canadian. Journal of Plant Science 66: 281-289. https://doi.org/10.4141/cjps86-041.
6. Dordas, C. A., and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rained conditions. Industrial Crops and Products 27 (1): 75- 85. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020.
7. Ebertseder, T., R. Guster, U. Hege, R. Brandhuber and Schmidhalter, U. 2003. Strategies for site-specific nitrogen fertilization with respect to long-term environmental demands. In: Proceeding of the 4th European Conference on Precision Agriculture. J. V. Stafford (Ed.). Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
8. El-Gendy, A. G., Gohary, E. l., Omer, E. A., Hendawy, S. F., and Hussein, M. S. 2015. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). Industrial Crops and Products 69: 167-174. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.023.
9. Garrido-Lestache, E., Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, L. 2005. Durum wheat quality Under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. European Journal of Agronomy 23: 265-278. https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.12.001.
10. Ghobadi, R., Shirkhani, A., and Jalilian, A. 2015. Effects of water steres and nitrogen fertilizer on yield, itacomponents, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea mays* L.) CV. SC. 704. Applied Field Crops Reserch (Pajouhesh and Sazandegi) 28 (106): 79-87.
11. Gholinezhad, E. 2014. Effect of water deficit stress, different rates of nitrogen and plant density on remobilization, current photosynthesis and grain yield in sunflower. Journal of Oil Plant Production (1): 44-63.
12. Guadra, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread- wheat cultivar s grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181-192. https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.08.001.
13. Gonzalez, A., Bermjo, V., and Gimeno, B. S. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. Journal of Agricultural Science 148: 319-328. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859610000031.
14. Hatfield, J. L., and Prueger, J. H. 2004. Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. In Proceedings of the 4th International Crop Science Congress (Vol. 26).
15. Fan, J., Wu, L., Zhang, F., Yan, S., and Xiang, Y. 2017. Evaluation of drip fertigation uniformity affected by injector type, pressure difference and lateral layout. Irrigation and Drainage 66 (4): 520-529. https://doi.org/10.1002/ird.2136.
16. Fatih, H. 2010. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on physiological characteristics of two barley cultivars in autumn, under drought stress conditions. Master Thesis in Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan.
17. Fooladvand, H. R., Niazi, J. A., Shirazi Agriculture, H. and Jokar, L. 2006. Interaction of different amounts of irrigation and nitrogen on wheat yield. Journal of Agricultural Sciences, Twelfth Year, 4: 786-779.
18. Forouzi, M., Ehteshami, M. R., Isfahani, M. and Rabiee, m. 2016. Study of dry matter remobilization rate and current photosynthesis in different seed sizes of four wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Iranian

Journal of Seed Science and Research 3 (1): 61-47.

19. Jafarinejadi, A. R., Moezi, A. A. A., Mousavi Fazl, S. M. H. and Sayyad, Gh. A. 2011. The efficiency of different types of nitrogen fertilizers and wheat yield. Journal of Agriculture 33 (2): 91-100.
20. Hong, W. P., Lielei, M., Yongqing, Q. I., Xingran, L., Yugui, J., Yanjun, Sh., and Changming, L. 2017. Impact of varied irrigation on field water budegts crops yields in the North china plain: Rainfed vs. irrigation double cropping system. Agricuture Water Management 190: 42-54. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.05.007.
21. Hosseini, R., Gashi, S., Soltani, A., Kalateh, M., and zahed. M. 2013. Effect of Nitrogen Fertilizer on Nitrogen Consumption Indices in Wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Crop Research 11 (2): 300-306.
22. Kirigwi, F. M., M. Van Ginkel, R. Trethowan, R. G. Sears, S. Rajaram, and G. M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361-371. https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000013375.66104.04.
23. Ma, S. C., Wang, T. C., Guan, X. K., and Zhan, X. 2018. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of irrigated wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research 221: 166-174. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028.
24. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamgar haghighi, A. A. 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. Eleectronic Journal of Crop Production 1 (2): 67-85.
25. Mirzakhani, M. 2019. Response of nitrogen use efficiency and agronomic characteristics of irrigated wheat to rate, time and method of nitrogen application. Iranian Journal of Field Crop Science 50 (2): 77-87. Doi: 10.22059/ijfcs.2018.245329.654402.
26. Papakosta, D. K., and Gagianas, A. A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Crop Science Society of America, Agronomy Journal 83: 864-870. https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300050018x.
27. Paredes, P., Pereira, L. S., Rodrigues, G. C., Botelho, N., and Torres, M. O. 2017. Using the FAO dual crop coefficient approach to model water use and productivity of processing pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by irrigation strategies. Agricultural Water Management 189: 5-18. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.04.010.
28. Pouri, K., Siosemardeh, A., Sohrabi, Y., and Soltani, A. 2019. Crop phenotyping for wheat yield and yield components against drought stress. Cereal Research Communications 47: 383-393. https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.05.
29. Rajala, A., Hakala, K., Kela, P. M., Muurinen, S., and Peltonen-Sainio, P. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research 114: 27-263. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.08.007.
30. Recous, S., and J. M. Machet. 2019. Short term immobilization and crop uptake of fertilizer nitrogen applied to irrigated wheat: Effect of date application in spring. Plant and Soil 206: 137-149. https://doi.org/10.1023/A:1004377006602.
31. Shi, S., Zhou, S., Yin, J., Li, Q., Zhang, Y., Cheng, M., and Zhang, C. 2013. Effects of water and fertilizer coupling on photosynthetic characteristics in flag leaves and yield of irrigated wheat under high yield condition. Journal of Triticeae Crops 33 (3): 549-554.
32. Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y., and Duan, A. 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated irrigated wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management 231: 106002. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106002.
33. Tahmasebi Sarvestani, Z., Rouhi, A., and Secondary teacher, S., and Ahmadi. M. 2011. Quantitative and Qualitative Characteristics of Yield of Dryland Wheat Genotypes under Supplementary Irrigation Conditions, Iranian Journal of Crop 3 (1): 47-55
34. Timsina, T., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice–wheat sequences of Bangladesh. Field Crop Research 72: 143-161. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00171-X.
35. Yan, S., Wu, Y., Fan, J., Zhang, F., Qiang, S., Zheng, J., and Zou, H. 2019. Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated irrigated

wheat. Agricultural Water Management 213: 983-995. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.019.
36. Zheng, J., Fan, J., Zhang, F., Yan, S., and Xiang, Y. 2018. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss by maize canopy on the semi-arid Loess Plateau of China. Agricultural Water Management 195: 25-36. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.013.